



UNIVERSITÀ DI PISA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA
LAUREA SPECIALISTICA IN INGEGNERIA GESTIONALE

***“Analisi delle perdite di efficienza di un sistema di lavorazione e
proposte di azioni migliorative”***

RELATORI

IL CANDIDATO

Prof. Ing. *Gino Dini*
Dipartimento di *Ingegneria Meccanica,*
Nucleare e della Produzione

Chiara Magazzini

Dott. Ing. *Alessandro Cioni*
TRW Automotive Italia

Dott. Ing. *Marco Santinelli*
TRW Automotive Italia

Anno Accademico 2006-2007

Abstract

Titolo

Analisi delle perdite di efficienza di un sistema di lavorazione e proposte di azioni migliorative

Sommario

Il seguente elaborato è la diretta conseguenza di un periodo di stage, pari a quattro mesi, svolto presso l'azienda TRW Automotive, nello stabilimento situato a Livorno.

Il settore in cui è stato svolto il tirocinio è il settore produzione. In particolare è stata compiuta un'analisi sulle perdite di efficienza di un sistema di lavorazione e sono state proposte delle azioni migliorative. Il lavoro si è sviluppato in tre fasi.

Nella prima fase è stata fatta un'analisi della situazione attuale calcolando l'efficienza del sistema di lavorazione e i tempi ciclo dei vari codici lavorati sulla macchina.

Nella seconda fase sono stati proposti gli interventi migliorativi che hanno riguardato sia i tempi ciclo che le tre principali perdite di efficienza individuate nella prima fase del lavoro.

Infine è stato affrontato il problema dell'addestramento degli operatori alle attività di set-up. Sono state analizzate le tecniche tradizionali di addestramento e è stata realizzata una procedura di addestramento.

È stato inoltre effettuato uno studio preliminare, svolto presso il DIMNP, sull'utilizzo di tecniche di addestramento innovative, in particolare è stata sperimentata la tecnologia che utilizza la Realtà Aumentata.

Title

Analysis of the loss of a processing system efficiency and propositions for improvement actions

Summary

The present dissertation is the result of a four month stage performed at the TRW Automotive factory located in Livorno.

The experienced was carried out in the Production department: the analysis of the loss of a processing system efficiency was made there and then some improving actions were put forward. The experienced developed through three phases.

1st phase: analysis of the present situation calculating the processing system efficiency and the ideal cycle time of the different codes processed on the machine.

2nd phase: introduction of the improvement actions, including both the ideal cycle time and the three main losses of efficiency, that had been calculating during the 1st phase experienced.

3rd phase: analysis of the operators' training aspect in the set-up activities, as well as the traditional techniques as regards the training, together with a training procedure performance. Besides, a preliminary study was carried out in the DIMNP, about the use of the most recent training technique, in particular the technology that uses the Augmented Reality was tested.

Indice

Introduzione	1
1. L'azienda	2
1.1 Il mondo TRW Automotive	2
1.2 Origini del gruppo TRW Inc.	3
1.3 La produzione per il settore automotive	4
1.4 TRW Automotive in Italia	9
1.4.1 <i>Lo stabilimento di Gardone Val Trompia</i>	9
1.4.2 <i>Lo stabilimento di Livorno</i>	10
1.5 Il prodotto	12
2. Il ciclo produttivo	16
2.1 I reparti	16
2.1.1 <i>Area lavorazioni meccaniche cremagliere</i>	16
2.1.2 <i>Area lavorazione e assemblaggio Inner Ball Joint (IBJ)</i>	17
2.1.3 <i>Area assemblaggio guide asservite elettricamente (EPAS)</i>	18
2.1.4 <i>Area assemblaggio guide idrauliche e guide meccaniche</i>	18
2.2 Linea di produzione cremagliere di diametro minore o uguale a 28mm	19
2.2.1 <i>Lay out della linea</i>	19
2.2.2 <i>Ciclo di fabbricazione</i>	20
2.2.3 <i>Centro di lavoro per le lavorazioni meccaniche</i>	22
2.2.4 <i>Lavatrice</i>	22
2.2.5 <i>Macchina di tempra per gambo</i>	23
2.2.6 <i>Macchina di tempra per denti</i>	24
2.2.7 <i>Macchina per il rinvenimento</i>	25
2.2.8 <i>Raddrizzatrice</i>	25
2.2.9 <i>Lucidatrice</i>	26
2.2.10 <i>Macchina per controllo cricche</i>	26
2.3 Problematiche emerse	27
2.4 Motivazione e scopo della tesi	29
3. Centro di lavoro per le lavorazioni meccaniche	31
3.1 Generalità	31
3.2 Descrizione ciclo di funzionamento	33

3.3	Prima stazione d lavoro	34
3.4	Seconda stazione di lavoro	36
3.4.1	<i>Unità di fresatura</i>	38
3.4.2	<i>Unità di foratura</i>	38
3.5	Terza stazione di lavoro	39
3.6	Quarta stazione di lavoro	40
3.7	Gruppo di traslazione	41
3.7.1	<i>Barra di traslazione</i>	43
3.7.2	<i>Gruppo di elevazione</i>	44
3.7.3	<i>Avanzamento barra</i>	44
3.8	Caricatore	45
3.9	Scaricatore	46
4.	Analisi delle perdite e calcolo dell'Overall Equipment Effectiveness	47
4.1	Generalità	47
4.2	Six Big Losses	48
4.3	Calcolo dell'OEE	50
4.4	Calcolo dell'OEE all'interno dello stabilimento	52
4.4.1	<i>Modulo di raccolta dati</i>	54
4.4.2	<i>Calcolo dei tempi ciclo e metodo dei tempi dei movimenti collegati (TMC)</i>	55
4.4.3	<i>Elaborazione dati</i>	58
4.4.4	<i>Risultati</i>	59
4.4.5	<i>Considerazioni sul calcolo dell'OEE</i>	60
5.	Analisi delle principali perdite di efficienza e proposte di azioni migliorative	61
5.1	Generalità	61
5.2	Miglioramento dei tempi ciclo	64
5.3	Malfunzionamento sistema di carico automatico	66
5.3.1	<i>Funzionamento del sistema di carico automatico</i>	66
5.3.2	<i>Analisi della situazione attuale</i>	67
5.3.3	<i>Interventi di miglioramento</i>	69
5.4	Guasti meccanici e elettrici	71
5.4.1	<i>Sistema attuale di gestione del guasto</i>	72
5.4.2	<i>Scomposizione funzionale della macchina</i>	74
5.5	Analisi di cambio tipo	78

5.5.1	<i>Procedura attuale di cambio tipo</i>	79
5.5.2	<i>Suddivisione delle operazioni in attività elementari e raggruppamento in fasi</i>	81
5.5.3	<i>Eliminazione delle operazioni inutili e interventi di miglioramento</i>	82
5.5.4	<i>Standardizzazione delle operazioni e creazioni di procedure per l'operatore</i>	87
5.5.5	<i>Ulteriori interventi</i>	90
6.	Applicazione dei sistemi a realtà aumentata nella procedura di cambio tipo	94
6.1	Introduzione	94
6.2	Definizione di Realtà Aumentata	95
6.3	Panoramica sulle tecnologie per la realtà aumentata	97
6.3.1	<i>Head-Attached Displays</i>	99
6.3.2	<i>Hand-Held Displays</i>	103
6.3.3	<i>Spatial Displays</i>	103
6.3.4	<i>Tabella riassuntiva</i>	105
6.4	Stato dell'arte	106
6.5	Applicazione dei sistemi a realtà aumentata nella procedura di cambio tipo	109
6.5.1	<i>Dispositivi utilizzati</i>	109
6.5.2	<i>Realizzazione del sistema AR per l'addestramento degli operatori</i>	112
6.5.3	<i>Pianificazione</i>	112
6.5.4	<i>Implementazione</i>	114
6.5.5	<i>Svolgimento dei test</i>	119
6.5.6	<i>Risultati ottenuti e sviluppi futuri</i>	121
	Conclusioni	123
	Riferimenti bibliografici	127
	Allegati	128
	Allegato A	129
	Allegato B	138

Indice delle figure

<i>Figura 1.1</i>	<i>TRW nel mondo</i>	2
<i>Figura 1.2</i>	<i>I clienti di TRW Automotive nel mondo</i>	8
<i>Figura 1.3</i>	<i>Distribuzione della fornitura</i>	8
<i>Figura 1.4</i>	<i>TRW in Italia</i>	9
<i>Figura 1.5</i>	<i>Stabilimento di Livorno</i>	10
<i>Figura 1.6</i>	<i>Rappresentazione del sistema sterzante elettrico</i>	13
<i>Figura 1.7</i>	<i>Rappresentazione del sistema sterzante idraulico</i>	14
<i>Figura 1.8</i>	<i>Inner Ball Joint</i>	15
<i>Figura 1.9</i>	<i>Esempio di cremagliera meccanica prodotta nello stabilimento</i>	15
<i>Figura 2.1</i>	<i>Reparto lavorazioni meccaniche</i>	16
<i>Figura 2.2</i>	<i>Reparto IBJ</i>	18
<i>Figura 2.3</i>	<i>Lay-out linea di produzione cremagliere di diametro minore o uguale a 28mm</i>	19
<i>Figura 2.4</i>	<i>Flow chart cremagliere meccaniche</i>	20
<i>Figura 2.5</i>	<i>Flow chart cremagliere power</i>	21
<i>Figura 2.6</i>	<i>Centro di lavoro per le lavorazioni meccaniche</i>	22
<i>Figura 2.7</i>	<i>Lavatrice</i>	23
<i>Figura 2.8</i>	<i>Macchina di tempra gambo</i>	23
<i>Figura 2.9</i>	<i>Macchina per tempra denti</i>	24
<i>Figura 2.10</i>	<i>Macchina per il rinvenimento</i>	25
<i>Figura 2.11</i>	<i>Raddrizzatrice e lucidatrice</i>	26
<i>Figura 2.12</i>	<i>Macchina per controllo cricche</i>	27
<i>Figura 2.13</i>	<i>Nuovo lay-out</i>	28
<i>Figura 3.1</i>	<i>Esempio di cremagliera meccanica</i>	31
<i>Figura 3.2</i>	<i>Esempio di cremagliera power</i>	31
<i>Figura 3.3</i>	<i>Lay-out generale</i>	33
<i>Figura 3.4</i>	<i>Contropunte prima stazione</i>	34
<i>Figura 3.5</i>	<i>Prima stazione</i>	36
<i>Figura 3.6</i>	<i>Seconda stazione</i>	37
<i>Figura 3.7</i>	<i>Terza stazione</i>	40
<i>Figura 3.8</i>	<i>Quarta stazione</i>	41
<i>Figura 3.9</i>	<i>Gruppo di traslazione</i>	42

<i>Figura 3.10 Barra di traslazione</i>	43
<i>Figura 3.11 Pinza pneumatica</i>	44
<i>Figura 3.12 Caricatore</i>	45
<i>Figura 4.1 Le sei grandi perdite nell'utilizzo degli impianti</i>	48
<i>Figura 4.2 Tempi di set-up</i>	49
<i>Figura 4.3 Obiettivi dei Six Big Losses</i>	50
<i>Figura 4.4 Calcolo dell'OEE</i>	51
<i>Figura 4.5 Banco di lavoro</i>	53
<i>Figura 4.6 Modulo raccolta dati</i>	55
<i>Figura 4.7 Foglio di analisi TMC</i>	57
<i>Figura 4.8 Foglio di calcolo OEE</i>	58
<i>Figura 5.1 Grafico dei risultati ottenuti dalle schede OEE</i>	63
<i>Figura 5.2 Cassone contenente cremagliere da lavorare</i>	67
<i>Figura 5.3 Sistema di carico automatico</i>	67
<i>Figura 5.4 Scivolo di carico</i>	68
<i>Figura 5.5 Presenza di trucioli sullo scivolo di carico</i>	69
<i>Figura 5.6 Scivolo estraibile nel senso della freccia</i>	70
<i>Figura 5.7 Grafico dell'andamento dell'MTBF medio negli anni</i>	71
<i>Figura 5.8 Grafico dei minuti di fermo in funzione della causale di guasto</i>	73
<i>Figura 5.9 Grafico del n° di guasti in funzione della causale di guasto</i>	73
<i>Figura 5.10 Rappresentazione grafica del II livello</i>	77
<i>Figura 5.11 Esempio di descrizione delle attività di cambio tipo</i>	80
<i>Figura 5.12 Esempio di descrizione delle attività di cambio tipo</i>	80
<i>Figura 5.13 Esempio di descrizione delle attività di cambio tipo</i>	81
<i>Figura 5.14 Fresa</i>	84
<i>Figura 5.15 Postazione per effettuare la sostituzione delle frese</i>	85
<i>Figura 5.16 Scaffale contenente distanziali</i>	87
<i>Figura 5.17 Estratto di una procedura per l'attività di cambio tipo</i>	88
<i>Figura 5.18 Cumulate dei tempi prima e dopo l'attività svolta</i>	89
<i>Figura 5.19 Estratto della procedura di cambio tipo per operatore non addestrato</i>	93
<i>Figura 6.1 Mixed Reality e Augmented Reality</i>	95
<i>Figura 6.2 Sutherland con il suo dispositivo HMD nel 1968</i>	96
<i>Figura 6.3 Visualizzazione informazioni per il decollo ed il volo nella visuale del pilota di un caccia militare</i>	97

<i>Figura 6.5 Optical Combination</i>	98
<i>Figura 6.4 Video Mixing</i>	98
<i>Figura 6.6 Classificazione dei display</i>	99
<i>Figura 6.7 Schematizzazione di un visore OST</i>	100
<i>Figura 6.9 Esempio di visore OST</i>	100
<i>Figura 6.8 Optical See Through Display</i>	100
<i>Figura 6.10 Schematizzazione di un visore VST</i>	101
<i>Figura 6.12 Esempio di visore VST</i>	101
<i>Figura 6.11 Video See Through Display</i>	101
<i>Figura 6.13 Esempi di Hand Held Display</i>	103
<i>Figura 6.14 Esempi di Spatial Display</i>	104
<i>Figura 6.15 Immagine del progetto STARMATE</i>	107
<i>Figura 6.16 Operazione di assemblaggio di un pedale con il sistema EGYPT</i>	107
<i>Figura 6.17 Esempi di marker utilizzati</i>	109
<i>Figura 6.18 Interfaccia utente di amire v1.1</i>	110
<i>Figura 6.19 Visualizzazione di un componente 3D sulla scena reale</i>	110
<i>Figura 6.20 HMD Video See Through</i>	111
<i>Figura 6.21 Dispositivi hardware utilizzati</i>	111
<i>Figura 6.22 Schema generale delle attività</i>	112
<i>Figura 6.23 Estratto della documentazione per il sistema AR</i>	113
<i>Figura 6.24 Documentazione redatta per la fase "Cambio distanziali"</i>	116
<i>Figura 6.25 Macchina utilizzata per la sperimentazione</i>	117
<i>Figura 6.26 Macchina utilizzata per la sperimentazione con i marker</i>	118
<i>Figura 6.27 Esempio di pulsante chiuso e aperto</i>	119
<i>Figura 6.28 Esempio di ciò che l'operatore vede di fronte a sé</i>	120
<i>Figura 6.29 Esempio di ciò che l'operatore vede di fronte a sé</i>	120

Indice delle tabelle

<i>Tabella 2.1</i>	<i>MTBF delle macchine presenti sulla linea 28 (anno 2007)</i>	28
<i>Tabella 3.1</i>	<i>Caratteristiche principali unità operatrice ISO 40</i>	38
<i>Tabella 3.2</i>	<i>Caratteristiche principali dell'unità operatrice ISO 30</i>	39
<i>Tabella 4.1</i>	<i>World Class OEE</i>	52
<i>Tabella 4.2</i>	<i>OEE calcolato con il metodo aziendale</i>	59
<i>Tabella 4.3</i>	<i>Confronto dei risultati ottenuti con il metodo aziendale e con il metodo standard</i>	60
<i>Tabella 5.1</i>	<i>Risultati ottenuti dalle schede OEE</i>	62
<i>Tabella 5.2</i>	<i>Ranking delle fermate</i>	63
<i>Tabella 5.3</i>	<i>Scomposizione funzionale</i>	76
<i>Tabella 5.4</i>	<i>Esempio di suddivisione in fasi di un'attività di cambio tipo</i>	82
<i>Tabella 5.5</i>	<i>Problematiche emerse dall'analisi sulle attività di cambio tipo</i>	83
<i>Tabella 5.6</i>	<i>Check-list per attività di cambio tipo</i>	86
<i>Tabella 5.7</i>	<i>Miglioramenti ottenuti</i>	89
<i>Tabella 6.1</i>	<i>Esempio di fase e di attività associate</i>	113
<i>Tabella 6.2</i>	<i>Tempi per l'esecuzione della fase C da parte di un operatore addestrato</i>	121

Introduzione

Questo elaborato è stato realizzato durante un periodo di quattro mesi di stage svolti presso l'azienda TRW Automotive di Livorno, leader nel settore automotive per la fornitura di componenti per automobili. A Livorno la produzione si suddivide in due parti, una dedicata alla realizzazione di componenti che vanno a far parte dei prodotti finiti realizzati nello stesso stabilimento e l'altra parte dedicata all'assemblaggio di guide meccaniche, guide idrauliche e guide elettriche. In particolare questo lavoro si è svolto presso la linea di produzione delle cremagliere con diametro minore o uguale a 28mm (linea 28).

In un'ottica di miglioramento continuo, l'azienda ha deciso di automatizzare la movimentazione dei pezzi sulla linea 28, questo ha portato anche ad analizzare l'efficienza delle varie macchine presenti sulla linea per vedere se potevano essere attuati dei miglioramenti.

Da qui nasce lo scopo della tesi, infatti, dopo aver valutato quale fosse il collo di bottiglia della linea, il lavoro si è concentrato sull'analisi delle perdite di efficienza di questa macchina critica e sui possibili interventi migliorativi.

L'elaborato è suddiviso in capitoli.

Nel *primo* e nel *secondo* capitolo si ha una breve descrizione dell'azienda, del prodotto e dei vari reparti con particolare attenzione alla linea di produzione dove si è svolto il lavoro di stage. Nel *terzo* capitolo viene invece descritto nel dettaglio il sistema di lavorazione su cui l'attività svolta si è concentrata. Il *quarto* capitolo contiene l'analisi della situazione attuale. Nel *quinto* capitolo sono presentate le proposte di azioni migliorative. Nel *sesto* capitolo invece è presentato uno studio preliminare svolto presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica Nucleare e della Produzione, riguardante le tecniche di addestramento degli operatori della linea 28 alle attività di set-up (attività chiamate di "Cambio tipo"), con l'utilizzo di tecniche di Realtà Aumentata. Infine sono riportate le conclusioni che descrivono i risultati raggiunti, i benefici ottenuti e le future evoluzioni di questo lavoro.

1. L'azienda

Nel seguente capitolo sarà presentato sia il gruppo TRW Automotive che lo stabilimento di Livorno dove è stata svolta l'attività di stage. Infine sarà descritto il prodotto che lo specifico stabilimento produce.

1.1 Il mondo TRW Automotive

La TRW Automotive è una società multinazionale strategicamente focalizzata nel fornire prodotti e servizi ad alto contenuto tecnologico ed ingegneristico per il mercato automobilistico, spaziale, della difesa e informativo. La società impiega ad oggi 66.000 dipendenti in tutto il mondo, distribuiti in 23 paesi ed in 131 principali stabilimenti (circa 300 in totale), di cui circa il 22% dei dipendenti TRW è in Europa (*Figura 1.1*).

La sede centrale è Cleveland in Ohio (USA).

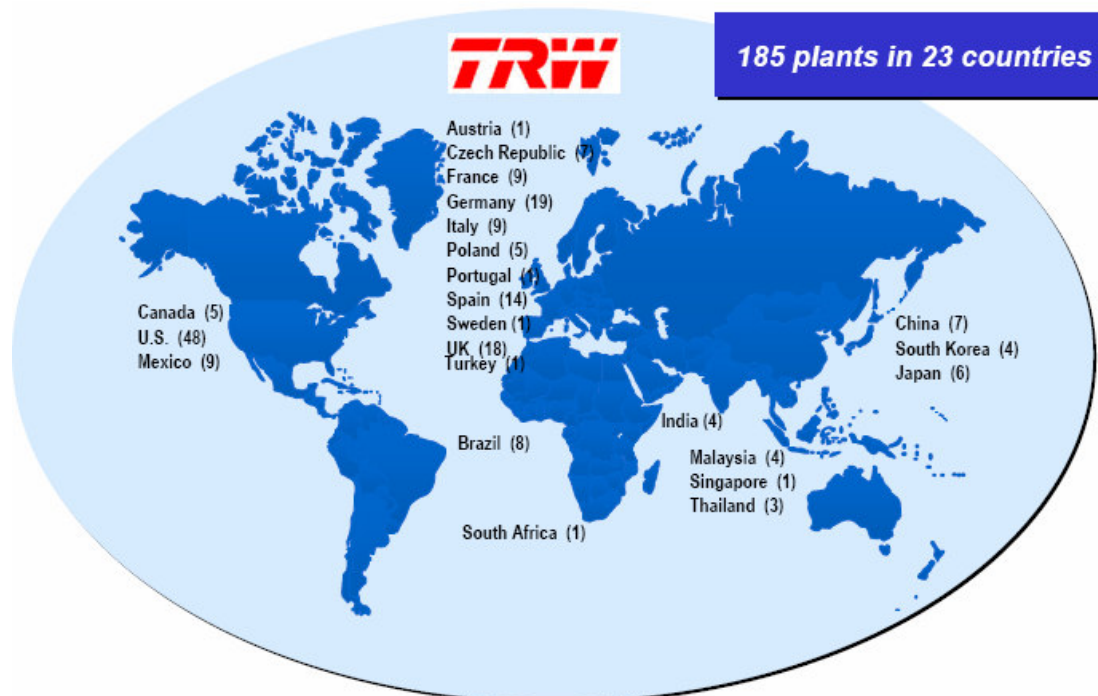


Figura 1.1 TRW nel mondo

Il suo fatturato si ripartisce per più della metà nel settore automobilistico, dove TRW è uno dei principali produttori di:

- Sistemi di direzione (sterzi)
- Sistemi di sospensione per vetture
- Sistemi di sospensione per motore
- Sistemi di sicurezza per passeggeri (Cinture, Air Bags)
- Sistemi e dispositivi elettrici ed elettronici.
- Elementi meccanici per l'assemblaggio
- Componenti per motori

1.2 Origini del gruppo TRW Inc.

L'azienda capostipite della TRW nasce a Cleveland (Ohio, USA) nel 1901 con il nome Cleveland Cap Screw Company; il primo presidente era David Kurtz. La società originariamente produceva valvole motore ed organi di collegamento.

Poco dopo la nascita del primo stabilimento, per l'esattezza nel 1904, Charles Thompson intuì che avrebbero potuto trarre sostanziali vantaggi nel produrre valvole motore forgiando la testa sullo stelo; questa sua idea trovò l'immediato consenso di Alexander Winton, costruttore di autovetture, che di lì a poco acquistò la Cap Screw affidandone la direzione generale proprio a Thompson: in quella circostanza nasceva la Electric Welding Company.

Riuscendo ad evolvere celermente le semplici tecnologie relative alla sua primaria produzione, anche grazie al fatto di aver da subito intuito le gigantesche potenzialità dell'allora emergente industria dell'automobile, la società riuscì a garantirsi in poco tempo dei concreti vantaggi concorrenziali sia in termini qualitativi, che in termini di costi.

Di lì a poco la linea dei prodotti si espanse fino ad abbracciare le valvole dei motori per gli aerei, utilizzate, in seguito, dagli aeroplani da guerra alleati durante il primo conflitto mondiale; nel 1915, infatti, Thompson rilevò la Electric Welding Company rinominandola Steel Products e focalizzando maggiormente la produzione sul settore aeronautico. La proprietà della società è poi acquisita dal dipartimento della difesa americano dando vita alla TAPCO (Thompson Aircraft Products Company).

Simon Ramo e Dean Wooldridge, due giovani scienziati specializzati in missilistica, fondarono nel 1953, anche appoggiandosi al supporto fornito dalla Thompson Products, la The

Ramo-Wooldridge Corporation specializzandosi in sistemi d'ingegneria per i programmi balistici.

Nel 1958 la Thompson Products entrò nei mercati in espansione dell'elettronica e della difesa andando a fondersi proprio con la Ramo-Wooldridge Corporation di Los Angeles. Fu questa fusione che generò la Thompson Ramo Wooldridge, oggi TRW (il nome per esteso fu conservato fino al 1965).

1.3 La produzione per il settore automotive

La produzione del settore automobilistico TRW abbraccia una delle più ampie linee di prodotti che comprende valvole motore e componenti del sistema valvole, sistemi frenanti, controlli elettrici ed elettronici, sospensioni, dispositivi e sistemi di fissaggio per automobili, autocarri, autobus e fuoristrada, sistemi di sicurezza e ritenuta passeggeri (compresi air bag e cinture di sicurezza), componenti del motore, pezzi di ricambio e sistemi commerciali sterzanti.

I suoi prodotti sono venduti in tutto il mondo ai costruttori di primo impianto, ma soprattutto TRW Automotive è un'azienda che progetta, produce e integra moduli e sistemi che fanno fronte alla crescente richiesta dei costruttori di automobili per un assemblaggio più rapido, costi totali più bassi ed elevate performance.

Nel 1993, anche grazie alla sua polivalenza, la società riuscì a mantenere la competitività del suo settore automobilistico nonostante la crisi economica conosciuta in Europa. Attualmente non sono pochi i significativi programmi di riduzione dei costi e miglioramento di produttività messi in cantiere; la tendenza è, infatti, quella di consolidare costantemente le proprie attività focalizzando le proprie produzioni e migliorando l'efficienza della forza lavoro a disposizione.

Il gruppo dispone di centri mondiali di ingegneria sia per prodotti inerenti i sistemi sterzanti, che per prodotti relativi alle sospensioni con responsabilità allocate nelle diverse aree geografiche. TRW si avvale anche di un proprio centro per la tecnologia automobilistica localizzato in Redondo Beach (California) che dispone delle tecnologie più avanzate per la celere risoluzione delle eventuali problematiche del cliente. Il suddetto centro si trova ad utilizzare la tecnologia del settore spazio e difesa che arricchiscono gli studi relativi al settore automobilistico. Tutto ciò mediante il costante lavoro di circa 10.000 ingegneri e scienziati.

Di seguito si descriveranno le attività svolte dai vari comparti costituenti la TRW Automotive.

TRW Automotive Aftermarket Operations (ossia il comparto post-vendita automobilistico della TRW) risulta essere oggi un fornitore di parti di ricambio e servizi di supporto diagnostico e tecnico non poco importante, sia per i produttori di autovetture, sia per l'aftermarket automobilistico indipendente. L'attività comprende la consegna di una vasta gamma di parti di ricambio, relativa a sistemi elettrici ed elettronici e di frenaggio per veicoli leggeri; inoltre questa frangia d'attività si completa con servizi diagnostici ed attrezzatura per test.

Il comparto *dei sistemi di frenaggio* comprende il mercato di maggior rilievo e fornisce una gamma omnicomprensiva di materiali per frizione e per sistemi idraulici, sia per automobili che per camion leggeri. È certo che il frenaggio presenta una complessità sempre crescente e, per venire incontro a ciò, TRW ha ampliato le sue maglie riuscendo a coprire le esigenze d'officina in tutta Europa e sostenendo in maniera rilevante il mercato indipendente delle riparazioni della stessa. L'attività condotta in questi ambiti dall'azienda in questione si basa su programmi all'avanguardia che si trovano a rispondere ad ogni nuova esigenza elettronica dei veicoli in questione, ed è quasi unanimemente riconosciuta tra le migliori nel settore.

Il comparto *Chassis System* (avantreno) di TRW è un fornitore totale che detiene tutte le capacità necessarie alla fabbricazione ed al montaggio di sospensioni, sterzi e freni, componenti motore e braccetti. Quest'ultimo detiene addirittura la leadership mondiale in sistemi integrati di controllo dei veicoli e dei sistemi di telai modulari. Con più di 125 filiali in 24 paesi di 5 continenti offre una gamma completa di componenti, sistemi e moduli "wheel-to-wheel" (tra ruota e ruota). I prodotti comprendono sistemi e componenti sterzanti manuali, il più ampio portafoglio di sistemi sterzanti assistiti elettronicamente (EAS: Electrically Assisted Steering), sistemi avanzati di frenaggio e sistemi di controllo del veicolo (ABS, stabilità del veicolo), sistemi di frenaggio convenzionale e componenti relativi alle sospensioni ed alla trasmissione. In relazione allo sviluppo ed alla fabbricazione dei sistemi integrati sterzanti, per veicoli commerciali, siamo a livelli di leadership mondiale, con una vastissima attività correlata che interessa le trasmissioni, la minuteria e le varie giunture garantendo sistemi completi ed autosufficienti per le autovetture. L'attività relativa ai componenti del motore fornisce più di 300 milioni di valvole l'anno, andando a raggiungere posizioni di rilievo a

livello mondiale con una forte presenza oltre che in America, in Europa ed in vari altri mercati attualmente in espansione in tutto il mondo.

Il ramo *Chassis Systems Commercial Steering* (veicoli commerciali), oltre ad essere ai vertici mondiali, ha fornito e tuttora fornisce prodotti di estremo spessore tecnologico ed un servizio di qualità, questo anche avvalendosi di un'organizzazione globale che assicura l'affidabilità del prodotto in ogni mercato nel quale lo stesso è presente. TRW è attualmente il più grande produttore indipendente al mondo di guide a cremagliera, giunti sferici per sospensioni, tiranti per guide e guide idrauliche integrali; si ricorda che, proprio per quanto riguarda le guide a cremagliera, la società ha svolto in Inghilterra nei primi anni Sessanta il ruolo di pioniere.

L'attività relativa alla tecnologia elettronica (ramo *Electronics*) è ad uno stadio avanzato e rappresenta un valido aiuto per i costruttori di autovetture di tutto il mondo nelle loro produzioni, permettendo, oltre che una buona estetica, veicoli più sicuri e gradevoli da guidare. La TRW è, infatti, tra i 5 principali fornitori indipendenti di elettronica automobilistica nel mondo ed offre, in campo industriale, una vasta ed avanzata linea di prodotti che, lo ricordiamo, dal 1999 si è arricchita delle capacità tecniche della Lucas Varity.

Il ramo *Chassis Systems Engine Components* (componenti motore) fornisce in tutto il globo valvole da oltre 90 anni; questa lunga presenza sul mercato ha permesso di sviluppare una stabile e forte posizione con la quale la TRW rende possibile una diversificazione nella fornitura delle valvole che comprende auto, camion, attrezzature agricole, motori industriali, aerei leggeri, navi, motociclette e furgoni. Il gruppo motori TRW è fornitore della maggior parte dei produttori di motori a 4 valvole per cilindro nel Nord America ed Europa, nonché dei costruttori giapponesi (anche operanti in Europa e Nord America) e degli altri paesi asiatici. Considerando anche le affiliate, vengono prodotte oltre 200 milioni di valvole all'anno, raggiungendo la leadership anche nello sviluppo dei nuovi materiali per le valvole stesse.

Per quanto riguarda, invece, il comparto *Engineered Fasteners* (letteralmente progettazione fissaggi) abbiamo la messa a disposizione ai clienti di valide soluzioni sia standard che più creative, anche con sistemi di fissaggio che si avvalgono di materiali, come la plastica, progettati su misura per il cliente. Un'ampia strategia di standardizzazione ed una buona capacità nel "test" dei prodotti dà la possibilità alla TRW di andare incontro alle esigenze specifiche del cliente in modo estremamente celere.

L'ultimo comparto relativo al settore Automotive di cui la TRW si compone è quello che interessa i sistemi di sicurezza per i passeggeri: ossia il *TRW Occupant Safety Systems*. Il

mercato odierno è molto focalizzato sulla sicurezza, ed i sistemi integrati della TRW garantiscono ai costruttori mondiali di autovetture un buon vantaggio competitivo in questo senso: il risultato finale si è, negli anni, dimostrato dotato di buona sicurezza ed efficacia. Attualmente il livello di fornitura raggiunto dall'azienda, in relazione proprio ai sistemi di trattenimento dei passeggeri, è tra i più alti nel mondo e ricordiamo che l'azienda qui in analisi è stata tra i pionieri nello studio delle tecnologie relative all'air bag, alle cinture di sicurezza ed ai sensori d'urto. La domanda di questo tipo di sistemi è in espansione e risulta quindi ancor più necessario sviluppare un'attività che riesca nella massimizzazione delle performance e nel contempo nella minimizzazione dei costi; questo, anticipando la concorrenza, al fine di assorbire il più possibile le richieste relative a questo importante mercato. Per questo la TRW continua a convogliarvi parte dei suoi sforzi riuscendo anche a contribuire all'aumento della sicurezza per i passeggeri, sempre però senza renderla eccessivamente costosa, con tecnologie votate alla protezione dagli impatti sia frontali che laterali, cinture di sicurezza avanzate, sistemi di sensori altamente sofisticati e rapidi, non scordandosi di curare il sempre importante, seppur secondario, lato estetico. Oggi la TRW è attivamente impegnata nella realizzazione del sistema completo di trattenimento con uno sforzo che va dallo studio dell'iniziale modello matematico del prototipo, alla simulazione al computer: tutto ciò nella ricerca di un funzionamento d'insieme dei componenti sforzandosi nell'ottenere un unico sistema che generi performance di alto livello.

In definitiva, la strategia di base, perseguita dalla TRW Automotive, si concretizza nella focalizzazione sui mercati significativi di automobili e veicoli industriali leggeri, medi e pesanti, sia nel primo equipaggiamento che in relazione ai ricambi dove è realmente possibile sviluppare un significativo vantaggio competitivo. La leadership è perseguita in termini di sviluppo di nuovi prodotti, qualità, costi competitivi e valore globale consegnato al cliente.

Vi è, inoltre, una spinta verso l'accrescimento dell'enfasi rivolta verso la fornitura di produttori giapponesi, particolarmente in Nord America ed Europa, ed una spinta nel rafforzare la propria posizione anche in Brasile ed in Asia/Pacifico.



Figura 1.2 I clienti di TRW Automotive nel mondo

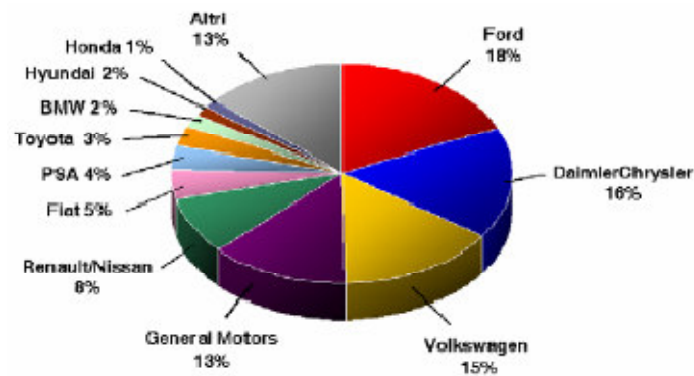


Figura 1.3 Distribuzione della fornitura

La sede europea è compresa, in funzione delle linee di prodotto, fra Koblent (Germania), Düsseldorf (Germania) e Birmingham (Inghilterra).

Attualmente il forte comparto “Automotive” assorbe vendite totali per una percentuale circa del 66% (il restante 34% va ad interessare l’”Aerospace and Information Systems”).

1.4 TRW Automotive in Italia

La TRW Italia (Figura 1.4) è un'azienda del gruppo TRW inc. all'interno del settore "Automotive" e più precisamente del comparto "Chassis system".

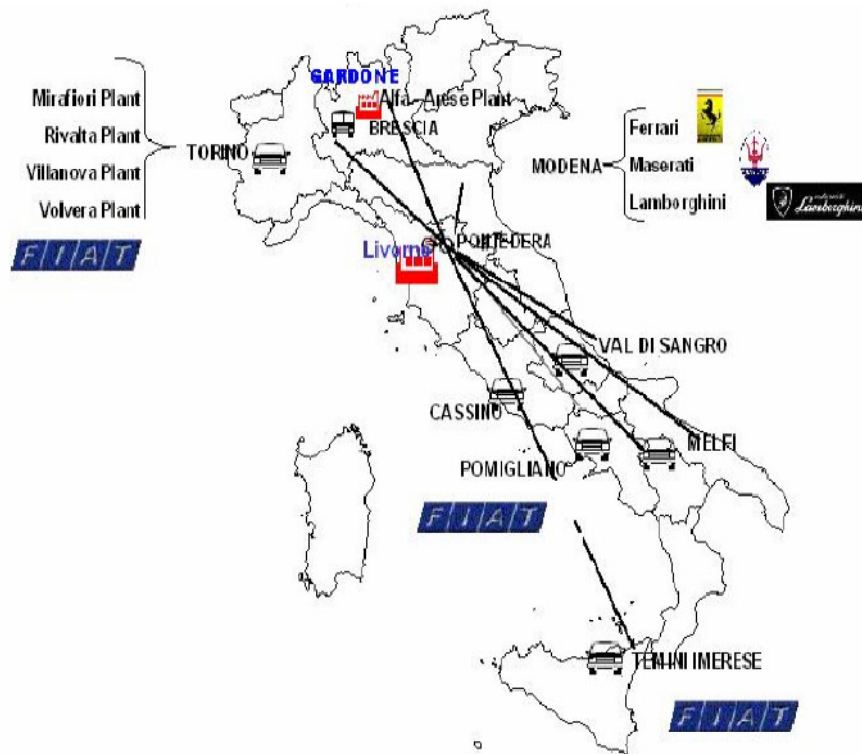


Figura 1.4 TRW in Italia

1.4.1 Lo stabilimento di Gardone Val Trompia

La TRW Italia iniziò la sua attività nel 1965 in Gardone Val Trompia (Brescia) quale sussidiaria della Cam Gears Ltd. (UK), azienda leader nella tecnologia della guida a cremagliera, un sistema di guida tecnologicamente avanzato e molto competitivo rispetto ai sistemi di guida a vite allora usati; la società fu successivamente acquisita dalla stessa TRW.

Lo scopo iniziale della società era quello di produrre sistemi di guida meccanici per il mercato del sud Europa e camme e leveraggi per l'industria dei trattori. Le primissime produzioni di guide meccaniche furono destinate alla "Primula" e alla "Fiat 128" per poi assorbire tutte le altre vetture Fiat a trazione anteriore.

Attualmente lo stabilimento di Gardone Val Trompia (direzione, uffici e produzione) si estende su un'area di 15.000 metri quadrati, impegna circa 600 persone e produce ed assembla valvole e componenti per guide idrauliche. Lo staff di ingegneria industriale supporta e garantisce tutte le attività relative alla definizione del prodotto e del processo produttivo.

1.4.2 Lo stabilimento di Livorno



Figura 1.5 Stabilimento di Livorno

Lo stabilimento di Livorno (*Figura 1.5*), dove attualmente ha vita la produzione della TRW Italia, nacque nel 1936 con la costituzione della Spica S.p.A (Società Pompe Iniezione Cassani & Affini), questa si occupava della progettazione e della fabbricazione di impianti ad iniezione per motori Diesel e prodotti affini destinati ai motori a combustione interna. Per l'esattezza l'ubicazione precisa era allora diversa; originariamente, a differenza dell'attuale situazione che vede la struttura localizzata in Via Enriques, la suddetta società svolgeva la sua produzione in uno stabile situato nella zona di Ardenza.

Nel 1941 il pacchetto azionario della Spica fu acquisito dalla Alfa Romeo per garantirsi una produzione di componenti coincidente con le proprie esigenze. La Spica, che a quel epoca si sviluppava su un'area coperta di circa 4.500 m², si avvaleva di un organico di circa 410 dipendenti.

La produzione, anche stimolata da un costante aumento del fabbisogno di equipaggiamenti ad iniezione Diesel da installare sui veicoli industriali dell'Alfa Romeo e di altre case

motoristiche, venne rapidamente incrementata, dando luogo all'esigenza di raddoppiare l'area coperta e di potenziare l'organico: nel 1962 vi fu un ulteriore intervento di ampliamento dello stabilimento, la superficie coperta passò ad oltre 17.000 m² e l'organico a 850 dipendenti.

Gli anni seguenti furono caratterizzati da profondi mutamenti avvenuti sia nel mercato dei veicoli, sia nel contesto dei produttori nazionali ed esteri di apparati di iniezione. Tali mutamenti portarono a varie modifiche nello sviluppo dell'azienda, che si orientò verso una produzione più diversificata, relativa al mercato della componentistica di qualità per autovetture.

Nel 1974 si concretizzò il trasferimento della produzione nel nuovo, adeguatamente attrezzato e più ampio stabilimento di Via Enriques: scelta imposta dal sensibile incremento dei volumi di produzione. Questa nuova ubicazione si sviluppa su una superficie di 190.000m², di cui 40.000 coperti, per accogliere reparti produttivi e relativi servizi; altri 9.500 m² si trovano ad essere destinati agli uffici amministrativi. Il nuovo organico raggiunge le 1.800 unità.

Lo stabilimento, concepito sulla base degli allora più aggiornati criteri di funzionalità e del pieno rispetto delle esigenze ecologiche del tempo, si trova ad essere estremamente dotato ed annovera al suo interno una centrale elettrica di smistamento media tensione, una centrale termica per produzione di vapore ed acqua surriscaldata, una centrale compressori aria, una centrale per il trattamento e riciclo dell'acqua industriale, una centrale di controllo e misura metano, una centralina di controllo aerazione e filtraggio aria, un impianto automatico di estrazione e trattamento oli e trucioli.

Nel 1987 ci fu la svolta con l'acquisizione da parte di Fiat Auto del gruppo Alfa Romeo; quindi la stessa Spica passò sotto il controllo di Fiat, anche se la ragione sociale per una fase di transizione che arriverà fino al 1992 sarà Alfa Lancia. L'evoluzione in atto partì da alcuni trasferimenti di lavorazioni Fiat nello stabilimento livornese: questo risulta essere estremamente esteso e quindi adeguato, nello sfruttamento ottimale dei suoi caratteri logistici, a recepire lavorazione di minuterie magari ritenute ingombranti in altri stabilimenti fungendo così, in un certo senso, anche da "polmone" per la Fiat stessa.

Il primo Marzo del 1995 TRW Italia S.p.A acquisì lo stabilimento Fiat Auto di Livorno ricevendo dalla stessa il ramo aziendale delle guide meccaniche; la struttura, per inciso, sarà divisa in due con la metà della stessa che, andando alla Delphi, si orienterà verso la specifica produzione degli alberi sterzo.

Attualmente, l'area dello stabilimento di proprietà TRW è di 27.000 mq (tra uffici ed area di produzione) e, al suo interno, sono impiegati circa 700 dipendenti, nell'assemblaggio di un'ampia gamma di sistemi guida per autovetture e furgoni per i clienti: gruppo Fiat Magneti Marelli (il principale), Ford Motor, Peugeot, Citroen, Piaggio, Iveco, Volvo, Opel, Ferrari, Lamborghini e Maserati.

Nello stabilimento di Livorno sono prodotte guide a cremagliera per un totale di circa 100 codici diversi divisi tra guide manuali e guide idrauliche (dette anche guide Power).

Il numero di particolari che compongono una guida sterzante varia, a seconda della guida, da 35 a 50, ma solo alcuni di questi viene prodotto nell'Azienda: infatti, a partire dal 1999, le strategie aziendali hanno portato alla cessione di molte lavorazioni presso fornitori esterni, riservandosi principalmente i processi di assemblaggio.

1.5 Il prodotto

L'impianto sterzante o *sterzo* è l'insieme di elementi meccanici che garantiscono la direzionalità di un veicolo terrestre. Il conducente di un' autoveicolo che voglia cambiare direzione, applica una coppia di forze al volante dall'abitacolo, il moto del volante viene trasferito, attraverso un elemento rigido (piantone dello sterzo), ad una scatola in cui il moto rotatorio viene convertito in moto rettilineo e trasferito ai tiranti dello sterzo che agiscono direttamente sulle ruote che, cambiando direzione, diventano sterzanti.

I sistemi di guida delle moderne automobili possono differenziarsi in tre tipologie:

- esclusivamente meccanico: a pignone e cremagliera, a vite senza fine, con semplici snodi ;
- meccanico a comando elettrico: servosterzo con relativo motore elettrico (EPS: Electric Power Steering);
- meccanico a comando idraulico: servosterzo con relativa pompa messa in funzione dall'albero motore.

Lo sterzo può essere:

- diretto: a piccoli movimenti del volante corrispondono piccoli movimenti delle ruote;
- demoltiplicato: a grandi movimenti del volante corrispondono piccoli movimenti delle ruote;

- combinato: una combinazione tra il sistema diretto e quello demoltiplicato, ad alte velocità maggiormente diretto, nelle manovre di posteggio demoltiplicato (più leggero).

Le scatole sterzo senza asservimento sono principalmente considerate meccaniche in quanto l'azione di sterzata delle ruote avviene in maniera puramente meccanica. Più precisamente il guidatore applica una coppia sul volante della vettura, trasferita agli alberi di trasmissione e conseguentemente al pignone il quale va ad ingranare sulla cremagliera la quale comanda la direzione delle ruote. Tutto questo avviene senza nessun asservimento. Questi modelli sono montati quasi esclusivamente sulle autovetture più economiche.

I sistemi EPS (Electric Power Steering) sono i principali sistemi di controllo dello sterzo oggi disponibili. Il tradizionale servosterzo idraulico viene sostituito da un servoattuatore elettromeccanico, che agisce sulla linea sterzo in corrispondenza del piantone o della cremagliera.

Il principio di funzionamento è il seguente: un software di controllo di una centralina elettronica, programmata in fase d'installazione in base alla specifica automobile, acquisisce ed elabora istante per istante dati provenienti dalla vettura da appositi sensori, li elabora ed invia dei segnali di comando ad un piccolo motore brushless, che con una trasmissione meccanica del tipo vite senza fine su corona assiste la sterzata del guidatore con un momento torcente aggiuntivo. Come si può vedere dalla foto (*Figura 1.6*), installato a valle del volante è montato un blocco EPS.



Figura 1.6 Rappresentazione del sistema sterzante elettrico

Il piantone di sterzo è composto da tre alberi collegati mediante giunti cardanici alla barra di rinvio tramite una scatola di sterzo con accoppiamento di tipo pignone/cremagliera.

La guida meccanica è costituita da una semplice guida a cremagliera, un pignone che ruota attorno ad un asse verticale e due OBJ che connettono i tiranti alle ruote del veicolo. La traslazione della cremagliera è compiuta per mezzo del pignone collegato dal piantone alla scatola sterzo.

I sistemi sterzanti a comando idraulico sono costruttivamente più complessi dei precedenti in quanto si ha la presenza di tubetti montati sulla sede che permettono l'entrata e l'uscita dell'olio nelle camere formate dalla sede, dalla cremagliera, dal pistone e dalla guarnizione.

Il fluido giunge in pressione grazie all'utilizzo di una pompa idraulica ed al particolare tipo di pignone che assolve anche la funzione di valvola (*Figura 1.7*).

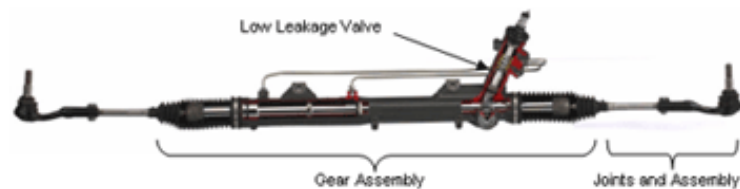


Figura 1.7 Rappresentazione del sistema sterzante idraulico

Il passaggio dell'olio in pressione tra una camera e l'altra in funzione della direzione di sterzata riduce così lo sforzo necessario al conducente durante la guida.

Il principio di funzionamento della cremagliera e dei tiranti è lo stesso discusso precedentemente nel caso delle guide con servosterzo elettrico.

All'interno dello stabilimento TRW di Livorno avvengono gli assemblaggi delle guide asservite elettricamente, delle guide meccaniche e delle guide idrauliche.

Inoltre avvengono le lavorazioni meccaniche delle cremagliere e degli Inner Ball Joint. Di seguito viene data una breve spiegazione di questi due componenti.

- *Inner Ball Joint*: definito anche come tirante. È il componente che permette la congiunzione tra la cremagliera e l'OBJ. Il suo compito è appunto quello di permettere, in funzione dello scorrimento del pignone sulla cremagliera, al guidatore di “tirare” le ruote nella direzione desiderata in seguito all'azione volta sul volante. È l'elemento che permette di effettuare la convergenza delle ruote. E' costituito da un'asta accoppiata ad un giunto sferico (*Figura 1.8*).

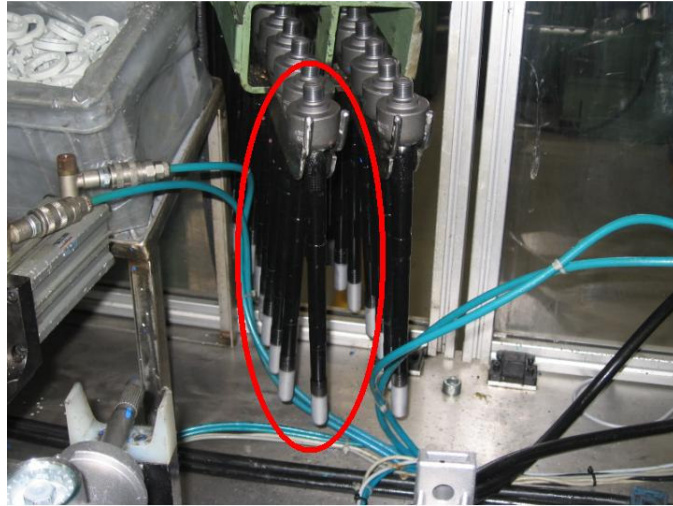


Figura 1.8 Inner Ball Joint

- *Cremagliera*: è l'organo che permette di trasformare il moto rotatorio, fornito dall'azione svolta dal guidatore sul volante, in moto lineare (*Figura 1.9*). All'interno dello stabilimento vengono lavorate due tipi di cremagliere: una utilizzata nell'assemblaggio delle guide meccaniche e delle guide asservite elettricamente, l'altra tipologia va invece a costituire le guide idrauliche.



Figura 1.9 Esempio di cremagliera meccanica prodotta nello stabilimento